

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2004241657
PUBLICATION DATE : 26-08-04

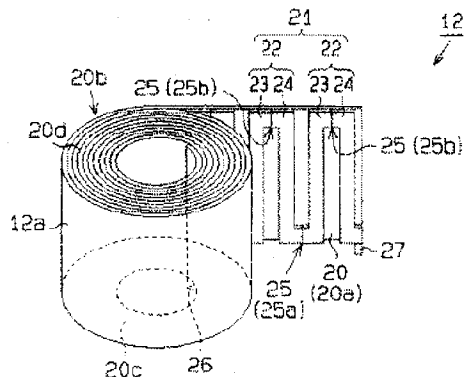
APPLICATION DATE : 06-02-03
APPLICATION NUMBER : 2003030013

APPLICANT : TOKAI RIKAI CO LTD;

INVENTOR : ITOIGAWA KOICHI;

INT.CL. : H01L 35/32 H01L 35/30 H01L 35/34
H02N 11/00

TITLE : THERMOELECTRIC TRANSDUCING
DEVICE AND THERMOELECTRIC
TRANSDUCING DEVICE-UNIT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thermoelectric transducing device wherein it has integrated thermoelectric couples and it can be formed at a low cost in comparison with a thermoelectric transducing device formed by using a semiconductor manufacturing apparatus and a thermoelectric device-unit using the device.

SOLUTION: The thermoelectric converting device 12 has an insulating film 20 having a flexibility, and a thermoelectric-couple group 21 comprising a plurality of thermoelectric couples 22 subjected to film formations on the insulating film 20 and connected in series with each other. Further, in the thermoelectric transducing device 12, a multilayer structure 20b is constituted by winding the insulating film 20, and the plurality of thermoelectric couples 22 connected in series with each other are integrated. Also, the thermoelectric transducing device 12 is made large in comparison with a thermoelectric transducing device using semiconductors, since its size including heat radiating and absorbing plates is made equal to 1 mm. Therefore, the thermoelectric transducing device 12 can be manufactured without using such a large-scale apparatus as a semiconductor manufacturing apparatus.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-241657

(P2004-241657A)

(43) 公開日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(51) Int.Cl.⁷

F1

テーマコード(参考)

H01L 35/32

H01L 35/32

A

H01L 35/30

H01L 35/30

H01L 35/34

H01L 35/34

H02N 11/00

H02N 11/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2003-30013 (P2003-30013)

(22) 出願日

平成15年2月6日(2003.2.6)

(71) 出願人

593006630

学校法人立命館

京都府京都市北区等持院北町56番地の1

(71) 出願人

000003551

株式会社東海理化電機製作所

愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地

(74) 代理人

100068755

弁理士 恩田 博宣

(74) 代理人

100105957

弁理士 恩田 誠

(72) 発明者

杉山 進

滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大

学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部

内

最終頁に続く

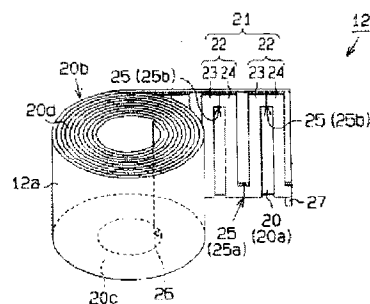
(54) 【発明の名称】 熱電変換デバイス及び熱電変換デバイスユニット

(57) 【要約】

【課題】集積した熱電対を備えと共に半導体製造装置を用いて形成した熱電変換デバイスに比して低コストで形成できる熱電変換デバイス及び熱電変換デバイスユニットを提供する。

【解決手段】熱電変換デバイス12は、可撓性を備えた絶縁性フィルム20と、その絶縁性フィルム20上に成膜形成されると共に互いに直列接続された複数の熱電対22からなる熱電対群21とを備えた。絶縁性フィルム20を巻くことにより多層構造部20bを構成したと共に前記直列接続された複数の熱電対22を集積した。また、この熱電変換デバイス12は放熱板及び吸熱板を含めたサイズが1mmとされているため、半導体を用いた熱電変換デバイスと比して大きい。従って、半導体製造装置のような大がかりな装置を用いずに熱電変換デバイス12を製造できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

可撓性を備えた絶縁性フィルムと、その絶縁性フィルム上に成膜形成されると共に互いに直列接続された複数の熱電対からなる熱電対群とを備え、
前記絶縁性フィルムにおける各部位の少なくとも一つの部位同士を重ねることにより、又は複数の前記絶縁性フィルムを重ね合わせるることにより多層構造部を構成したことを特徴とする熱電変換デバイス。

【請求項2】

前記多層構造部は、その多層構造部端面にて前記熱電変換デバイス自体を自立可能とすることを特徴とする請求項1に記載の熱電変換デバイス。

【請求項3】

前記多層構造部は、前記絶縁性フィルムを巻いたことにより形成されていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の熱電変換デバイス。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のうちいずれか1項に記載の熱電変換デバイスを備え、
前記各熱電対は、第1接点及び第2接点をそれぞれ備え、
前記各第1接点と熱交換可能に接続された第1熱交換体と、
前記各第2接点と熱交換可能に接続された第2熱交換体とを備えたことを特徴とする熱電変換デバイスユニット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子デバイスの供給電源や補助電源、及び温度センサや赤外線センサ等として利用可能な素子であって、温接点と冷接点との温度差により発電するゼーベック効果を利用した熱電変換デバイス及び熱電変換デバイスユニットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、複数の熱電対を集積した熱電変換デバイスが提案されている。上記熱電変換デバイスの一例として、シリコン基板上に複数の熱電対を互いに直列接続した熱電変換デバイスが提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1の熱電変換デバイスは、半導体製造装置を用いてLPCVD、APCVD、ドーピング、RIE、蒸着、ウェットエッチング等の処理を経て製造されている。LPCVDは、「low pressure chemical vapor deposition」であり、APCVDは、「atmospheric pressure chemical vapor deposition」であり、RIE「reactive ion etching」である。

【0003】

【特許文献1】

特開2002-50801号公報（段落番号「0020」～「0023」、第3図）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、特許文献1の熱電変換デバイスにおいては、半導体製造装置を用いるため、製造工程が複雑でかつコスト高になってしまうという問題があった。このため、半導体製造装置を用いずにかつ集積した熱電対を有する熱電変換デバイスが望まれていた。

【0005】

本発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、その目的は集積した熱電対を備えると共に半導体製造装置を用いて形成した熱電変換デバイスに比して低コストで形成できる熱電変換デバイス及び熱電変換デバイスユニットを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、可撓性を備えた絶縁性フィルムと

、その絶縁性フィルム上に成膜形成されると共に互いに直列接続された複数の熱電対からなる熱電対群とを備え、前記絶縁性フィルムにおける各部位の少なくとも一つの部位同士を重ねることにより、又は複数の前記絶縁性フィルムを重ね合わせることで多層構造部を構成したことを要旨とする。

【0007】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の熱電変換デバイスにおいて、前記多層構造部は、その多層構造部端面にて前記熱電変換デバイス自体を自立可能とすることを要旨とする。

【0008】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の熱電変換デバイスにおいて、前記多層構造部は、前記絶縁性フィルムを巻いたことにより形成されていることを要旨とする。

【0009】

請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3のうちいずれか1項に記載の熱電変換デバイスを備え、前記各熱電対は、第1接点及び第2接点をそれぞれ備え、前記各第1接点と熱交換可能に接続された第1熱交換体と、前記各第2接点と熱交換可能に接続された第2熱交換体とを備えたことを特徴とすることを要旨とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体化した一実施形態を図1～図8に従って説明する。

図2及び図3に示すように熱電変換デバイスユニット11は、複数の熱電変換デバイス12、放熱板13、吸熱板14、及び前記放熱板13と前記吸熱板14とを固定するスペーサ15(図3でのみ図示)を備えている。前記放熱板13は第1熱交換体に相当し、前記吸熱板14は第2熱交換体に相当する。前記放熱板13は可撓性を備えると共にアルミニウムから構成され、前記吸熱板14は可撓性を備えると共に黒体材料(例えば、酸化コバルト)を混ぜたポリイミド系樹脂から構成されている。

【0011】

まず、熱電変換デバイス12について説明する。

図1に示すように、熱電変換デバイス12は、巻物状をなす絶縁性フィルム20と、その絶縁性フィルム20における熱電対成膜面20aに成膜された熱電対群21とを備えている。

【0012】

前記絶縁性フィルム20は可撓性を備えた長尺な帯状をなすフィルムから構成されており、同絶縁性フィルム20はその熱電対成膜面20a側に非導電性接着剤を塗布した状態で巻いて形成されている。即ち、絶縁性フィルム20が巻物状とされていることにより、絶縁性フィルム20における各部位同士が重ねられて多層構造部20bが構成されている。前記多層構造部20bの両端面は、それぞれ載置面20c及び積載面20dとされている。前記載置面20c及び積載面20dは多層構造部端面に相当する。前記載置面20cは放熱板13と当接する面であり、前記積載面20dは吸熱板14と当接する面である。前記載置面20c及び前記積載面20dは平面視リング形状(図4参照)とされている。前記載置面20cにて熱電変換デバイス12自体を自立可能とされている。即ち、水平な平面に対して載置面20cを当接させると熱電変換デバイス12が倒れないように、載置面20cは構成されている。

【0013】

図8(b)に示すように、前記絶縁性フィルム20を長尺な帯状に展開した状態において、同絶縁性フィルム20の熱電対成膜面20aの全面に亘って前記熱電対群21は蛇行状をなすように成膜されている。前記熱電対群21は、互いに直列接続された複数の熱電対22により形成されている。前記各熱電対22は、ニッケル(Ni)からなる第1金属線23と、モリブデン(Mo)からなる第2金属線24とをそれぞれ備えている。即ち、熱電対群21は、前記第1金属線23と前記第2金属線24とが交互に複数配置されると共

に互いに接続されることにより構成されている。

【0014】

前記第1金属線23と前記第2金属線24との各接続点である接点25は、絶縁性フィルム20の短手方向（以下、単に短手方向という）両端側に位置するように形成されている。前記各接点25のうち短手方向における一端側に位置する接点25を第1接点としての冷接点25aといい、短手方向における他端側に位置する接点25を第2接点としての温接点25bという。

【0015】

図1に示すように、本実施形態では、冷接点25aは載置面20c側に位置し、温接点25bは積載面20d側に位置している。前記冷接点25aの先端面は前記載置面20cに対して面一とされ、前記温接点25bの先端面は前記積載面20dに対して面一とされている。前記熱電対群21の両端部には、端子26、27がそれぞれ接続されている。前記両端子26、27は、前記載置面20cから積載面20dとは反対方向へ向けて突出するように形成されている。前記端子26はリング形状をなす前記載置面20cの内周部に対応する位置に配置され、前記端子27はリング形状をなす前記載置面20cの外周部に対応する位置に配置されている。

【0016】

次に、前記熱電変換デバイス12を複数個備えた熱電変換デバイスユニット11について説明する。

図2及び図3に示すように、熱電変換デバイスユニット11を構成する放熱板13上には、複数（本実施形態では20個）の前記熱電変換デバイス12が密集して配置されている。図4及び図5に示すように、前記放熱板13には絶縁層13aを備えており、その絶縁層13a内には、互いに隣接する熱電変換デバイス12における熱電対群21同士を互いに直列接続する複数の配線31が配置されている。前記各配線31は、その両端面31a、31bが前記絶縁層13aの表面に対して凹むように配置されている。また、前記各配線31における両端面31a、31b以外の部分は、前記絶縁層13aに覆われている。

【0017】

前記熱電対群21と配線31との接続状態を詳しく述べると、前記各熱電対群21における端子26が前記各配線31の端面31aに接続され、前記各熱電対群21における端子27が前記各配線31の端面31bに接続されている。前記熱電変換デバイス12の載置面20cは前記絶縁層13aに対して非導電性接着剤にて固定されている。この非導電性接着剤は熱伝達性が高いものが好ましい。即ち、前記各熱電変換デバイス12における各冷接点25aが前記放熱板13に対して熱伝達可能にそれぞれ接着固定されている。

【0018】

図3に示すように、前記放熱板13には一对のスペーサ15を介して吸熱板14が同放熱板13に対して平行となるように固定されている。また、吸熱板14には、前記各熱電変換デバイス12の積載面20dが非導電性接着剤にて固定されている。この非導電性接着剤においても、熱伝達性が高いものが好ましい。即ち、前記各熱電変換デバイス12における各温接点25bが前記吸熱板14に対して熱伝達可能にそれぞれ接着固定されている。

【0019】

前記各熱電変換デバイス12は、一つの熱電変換デバイス12の外周面12aに対して、最高で6個の熱電変換デバイス12の外周面12aが当接するように、密集して配置されている。前記熱電変換デバイスユニット11の厚さtは1mmとされている（図3参照）。

【0020】

次に、本実施形態の熱電変換デバイスユニット11を構成する熱電変換デバイス12の製造方法について図6～図8に従って説明する。

まず、図6(a)、(b)に示すように、絶縁性フィルム20上にニッケル層を物理蒸着法としての真空蒸着法により成膜形成し、そのニッケル層をウェットエッチング等にて所

定のパターンに形成することにより複数の短冊状の第1金属膜40を形成する。また、絶縁性フィルム20上に第1金属膜40を成形する方法として、物理蒸着法としてのステンスルマスクを利用して蒸着し所定パターンに成形してもよい。

【0021】

次に、前記第1金属膜40上にマスクを施し、そのマスク上及び熱電対成膜面20a上にモリブデン層を真空蒸着法により成膜形成し、前記マスクを除去することにより、同マスク上のモリブデン層も共に除去される。すると、図7(a)、(b)に示すように、前記各第1金属膜40間に短冊状の第2金属膜41がそれぞれ形成され、その際、前記第1金属膜40と前記第2金属膜41とがなす境界部は互いに接続される。

【0022】

そして、図8(a)、(b)に示すように、前記各第1金属膜40及び前記各第2金属膜41に対してウェットエッチング等にて接続規制孔42をそれぞれ形成し、この結果、各第1金属線23及び各第2金属線24を形成する。即ち、この接続規制孔42により前記各第1金属膜40と前記各第2金属膜41との接続部分が制限され、この結果、各第1金属膜40と各第2金属膜41とが蛇行状に接続される。次に、この複数の第1金属線23及び第2金属線24にて構成された熱電対群21の両端部に端子26、27をそれぞれ接続する(図1参照)。さらに、前記第1金属線23、第2金属線24、及び熱電対成膜面20aに対して非導電性接着剤を塗布して絶縁性フィルム20を巻くことにより、熱電変換デバイス12が完成する。

【0023】

従って、本実施形態の熱電変換デバイス12を備えた熱電変換デバイスユニット11によれば、以下のような効果を得ることができる。

(1) 本実施形態では、熱電変換デバイス12は、可撓性を備えた絶縁性フィルム20と、その絶縁性フィルム20上に成膜形成されると共に互いに直列接続された複数の熱電対22からなる熱電対群21とを備えた。そして、前記絶縁性フィルム20を巻くことにより、多層構造部20bを構成すると共に前記直列接続された複数の熱電対22を集積した。また、この熱電変換デバイス12は放熱板13及び吸熱板14を含めたサイズが1mmとされているため、半導体を用いた熱電変換デバイスと比して大きい。従って、半導体製造装置のような大がかりな装置を用いずに熱電変換デバイス12を製造できるため、半導体製造装置を用いて熱電変換デバイスを製造する場合と比べて、低コストで熱電変換デバイス12を製造することができる。また、この熱電変換デバイス12により集積した熱電対22を得ることができる。

【0024】

(2) 本実施形態では、熱電変換デバイス12は多層構造部20bを備えた。そして、多層構造部20bの載置面20cにて熱電変換デバイス12自体を自立可能とした。従って、載置面にてその全体を自立できない熱電変換デバイスと比べて、本実施形態では、安定した状態で放熱板13に対して熱電変換デバイス12を接着することができる。また、載置面にてその全体を自立できない熱電変換デバイスと比べて、本実施形態の熱電変換デバイス12は、放熱板13に対する接着強度を上げることができる。

【0025】

(3) 本実施形態では、多層構造部20bを絶縁性フィルム20を巻いたことにより形成した。このように、絶縁性フィルム20を巻くことにより多層構造部20bを構成したため、一枚の絶縁性フィルム20にて多層構造部20bを構成することができる。また、絶縁性フィルム20を巻くことにより多層構造部20bを構成したため、熱電対成膜面20a側同士が直接対向することがなく、この結果、熱電対成膜面20a上の熱電対22同士が直接接触することがない。

【0026】

(4) 本実施形態では、熱電変換デバイス12の各冷接点25aに放熱板13を接着固定し、熱電変換デバイス12の各温接点25bに吸熱板14を接着固定することにより熱電変換デバイスユニット11を構成した。従って、熱電変換デバイスユニット11の熱電変

換デバイス12において、各冷接点25aは放熱板13を介して効率よく放熱を行うことができ、かつ各温接点25bは吸熱板14を介して効率よく熱吸収を行うことができる。

【0027】

(5) 本実施形態では、熱電変換デバイスユニット11は、熱電変換デバイス12の絶縁性フィルム20、放熱板13、及び吸熱板14の3つが可撓性を有するようにした。従って、熱電変換デバイスユニット11を曲面に対して設置することができる。また、曲面に対して熱電変換デバイスユニット11を設置しても、平面に対して熱電変換デバイスユニット11を設置した場合と比して熱電変換効率を同じとすることができる。このように、熱電変換デバイスユニット11をフレキシブルに構成することにより、熱電変換デバイスユニット11の利用範囲を広げることができる。

【0028】

(他の実施形態)

なお、上記実施形態は以下のような他の実施形態に変更して具体化してもよい。

【0029】

前記実施形態では、第1金属線23をニッケル(Ni)、第2金属線24をモリブデン(Mo)から構成していた。これに限らず、前記第1金属線23及び前記第2金属線24の材料(金属)は、熱電対として機能するものであれば、他の材料(金属)を採用してもよい。即ち、前記第1金属線23及び前記第2金属線24は、互いに異なる材料(金属)で熱電変換が行える材料(金属)であればどのような材料(金属)を採用してもよい。特に、ゼーベック係数の差が大きな2種類の材料(金属)を用いるほど、熱電対22の出力電圧(熱電変換効率)は大きくなる。

【0030】

前記実施形態では、熱電変換デバイスユニット11において、各熱電変換デバイス12が一つの熱電変換デバイス12の外周面12aに対して、最高で6個の熱電変換デバイス12の外周面12aが当接するように、密集して配置していた。これに限らず、熱電変換デバイスユニット11において、各熱電変換デバイス12の外周面12aが互いに当接しないように各熱電変換デバイス12をそれぞれ配置してもよい。このようにすると、熱電変換デバイスユニット11において、可撓性がより一層向上する。

【0031】

前記実施形態では、熱電変換デバイスユニット11は20個の熱電変換デバイス12を備えるように構成していた。これに限らず、熱電変換デバイスユニット11を構成する熱電変換デバイス12の数は、熱電変換量に応じて増やしたり減らしたりしてもよい。

【0032】

前記実施形態では、熱電変換デバイスユニット11は複数の熱電変換デバイス12を備えていたが、一つの熱電変換デバイス12により熱電変換デバイスユニット11を構成してもよい。この場合、図9に示すように、吸熱板14(放熱板13)上の大多数の面積を占めるように、熱電変換デバイス12における絶縁性フィルム20の巻き数を増やしてもよい。

【0033】

前記実施形態では、熱電変換デバイス12は、絶縁性フィルム20を巻くことにより多層構造部20bを構成していた。これに限らず、図10(a)に示すような多層構造部50を備えた熱電変換デバイス51を構成してもよい。なお、図10(a)においては、説明の便宜上複数の熱電対22の図示を省略している。即ち、熱電変換デバイス51は、前記絶縁性フィルム20を蛇行状に重ねることにより多層構造部50を構成する。言い換えると、絶縁性フィルム20の各部同士が重ねられて多層構造部50が構成されている。そして、前記絶縁性フィルム20の各部位を、互いに接着剤にて接着固定する。この多層構造部50の端面である多層構造部端面としての載置面50aにおいても、熱電変換デバイス51自体を自立可能とされている。この場合、図10(b)に示すように、前記絶縁性フィルム20の熱電対成膜面20aに形成された熱電対22の上面を絶縁材53にて覆う。このようにすることにより、図10(a)に示すように、絶縁性フィルム20における

熱電対成膜面20a同士が対向する部分において、熱電対22同士が直接接触することを防ぐ。即ち、熱電対22同士が互いに対向する部位には絶縁材53が介在するようにした。

【0034】

また、図11に示すような多層構造部60を備えた熱電変換デバイス61を構成してもよい。即ち、熱電変換デバイス61は、複数の前記絶縁性フィルム20を積層するように重ね合わせることで多層構造部60を構成する。各絶縁性フィルム20を互いに非導電性接着剤にて接着固定する。この多層構造部60の端面である多層構造部端面としての載置面60aにおいても、熱電変換デバイス61自体を自立可能とされている。この場合、各絶縁性フィルム20上に形成された熱電対群21は、その端部同士を図示しない配線にて互いに直列接続となるように接続する。

【0035】

前記実施形態では、熱電変換デバイス12の製造方法において、絶縁性フィルム20の熱電対成膜面20a上に対してニッケル層及びモリブデン層を形成する際に、物理蒸着法としての真空蒸着法を用いていた。これに限らず、メッキ法や、物理蒸着法としてのスパッタリング法にてニッケル層及びモリブデン層を形成してもよい。

【0036】

前記実施形態では、放熱板13をアルミニウムから構成していたが、表面に金属膜を形成した絶縁性樹脂にて構成してもよい。

前記実施形態では、熱電変換デバイスユニット11の厚さを1mmとしていたが、この熱電変換デバイスユニット11の厚さはいくつでもよい。

【0037】

次に、上記実施形態及び他の実施形態から把握できる技術的思想について以下に追記する。

(イ) 前記多層構造部は、前記絶縁性フィルムを蛇行状に重ねると共に前記絶縁性フィルム上の前記熱電対同士が互いに対向する部位には絶縁材を介在したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の熱電変換デバイス。

【0038】

(ロ) 前記熱電対群は、物理蒸着法又はメッキ法により形成されることを特徴とする請求項1乃至請求項3、技術的思想(イ)のうちいずれか1項に記載の熱電変換デバイス。

【0039】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、集積した熱電対を備えると共に半導体製造装置を用いて形成した熱電変換デバイスに比して低コストで形成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施形態における熱電変換デバイスの斜視図。

【図2】 本実施形態における熱電変換デバイスユニットの斜視図。

【図3】 本実施形態における熱電変換デバイスユニットの正面図。

【図4】 本実施形態における放熱板の平面図。

【図5】 図4におけるA-A線矢視断面図。

【図6】 (a)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す断面図。(b)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す平面図。

【図7】 (a)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す断面図。(b)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す平面図。

【図8】 (a)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す断面図。(b)は、熱電変換デバイスの製造方法を示す平面図。

【図9】 他の実施形態における熱電変換デバイス及び吸熱板の底面図。

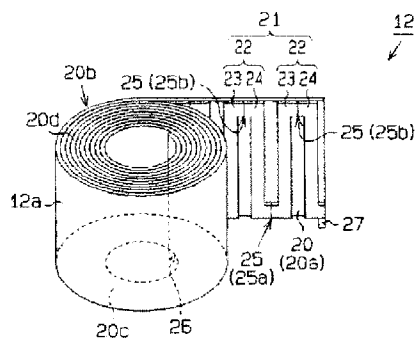
【図10】 (a)は、他の実施形態における熱電変換デバイス及び吸熱板の底面図。(b)は、他の実施形態における熱電変換デバイスの部分断面図。

【図11】 他の実施形態における熱電変換デバイスの断面図。

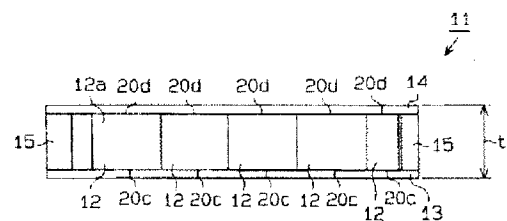
【符号の説明】

11…熱電変換デバイスユニット、12、51、61…熱電変換デバイス、
 13…第1熱交換体としての放熱板、14…第2熱交換体としての吸熱板、
 20…絶縁性フィルム、20b、50、60…多層構造部、
 20c、50a、60a…多層構造部端面としての載置面、
 20d…多層構造部端面としての積載面、21…熱電対群、22…熱電対、
 25a…第1接点としての冷接点、25b…第2接点としての温接点。

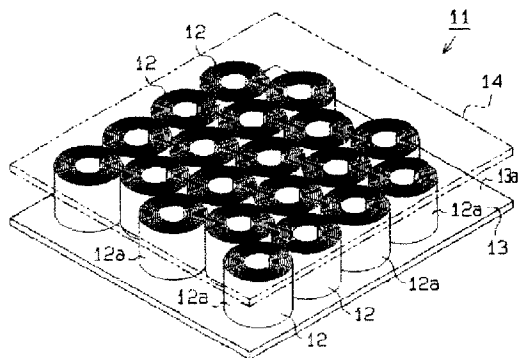
【図1】



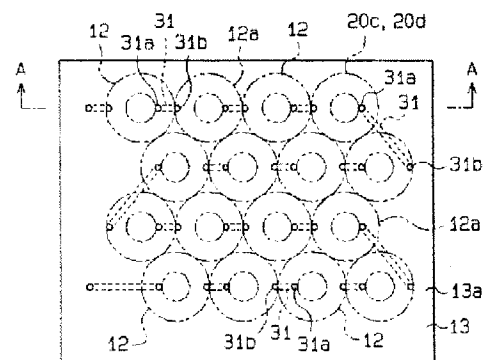
【図3】



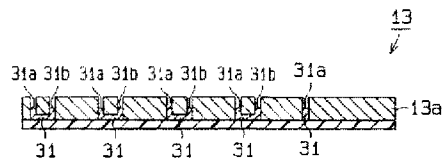
【図2】



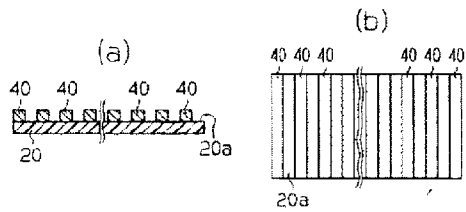
【図4】



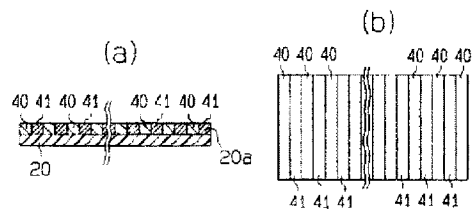
【図5】



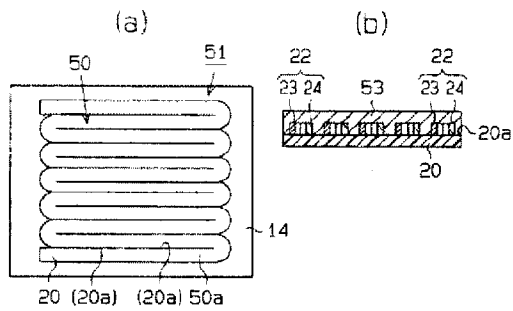
【図6】



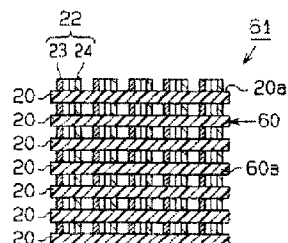
【図7】



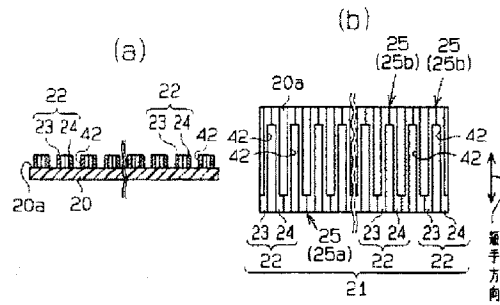
【図10】



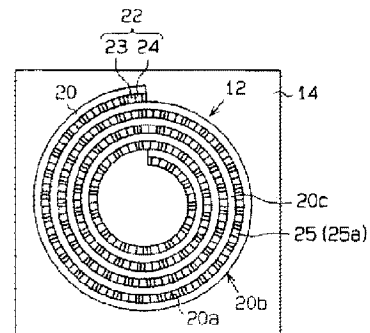
【図11】



【図8】



【図9】



- (72)発明者 鳥山 寿之
滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 理工学部 内
- (72)発明者 上野 洋
愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社東海理化電機製作所内
- (72)発明者 糸魚川 貢一
愛知県丹羽郡大口町豊田三丁目260番地 株式会社東海理化電機製作所内